

# 論文内容の要約 Summary of Thesis Contents

## 1. 主論文要旨(論文提出時のもの) Abstract of Doctoral Thesis (summarized at the time of submission)

論文名 Title of Thesis

### 窒化物半導体有機金属エピタキシャル結晶成長法を用いた新しい深紫外発光素子／光センサーの開発

くろせ のりこ  
氏名 黒瀬 範子

深紫外光(波長 200~350nm)は、光硬化・光化学合成・バイオへの応用・殺菌・難分解物質の分解などへの応用が可能で、従来水銀ランプを用いてそれらが行われてきた。しかし、水俣条約により、水銀の使用が規制され、新しい水銀を使わない深紫外光源が必要となってきた。現在、深紫外光源として注目されているのが窒化物半導体深紫外 LED で、水銀ランプの代替光源として考えられているが、高価であり、260nm 以下の波長では発光強度が弱く、大面積化が困難で水銀フリー光源の実用化を難しくしている。

本研究では水銀フリーの大面積化、高出力化、さらに、短波長化が可能なマイクロプラズマ励起深紫外発光デバイス(MIPE)を新たに開発した。本デバイスはマイクロプラズマをダイナミックに制御することにより、多重量子井戸等の発光体を励起するもので、本研究で実現した MIPE は6cm×5cmにも及ぶ大面積であり、波長260nm 以下で出力も200mW と深紫外 LED では実現できない性能を持たすことに成功した。また波長も MgO を発光体に使うことにより195nm の短波長の発光に成功している。

一方、深紫外光の応用を考えたとき大面積化ばかりでなく高輝度化も必要であるが、そのためには安価で、高出力な深紫外 LED の開発が必要不可欠である。そのためには従来の横型深紫外 LED ではなく縦型深紫外 LED の開発が必要である。本研究では深紫外 LED を開発するのに必要不可欠な絶縁性 AlN バッファ層に自然形成ビアホールを導入する手法を開発し、世界で初めてそのビアホールを通して AlN 絶縁層に電流を流す事に成功した。本方法を用い p 電極から n<sup>+</sup>Si 基板に直接電流を流す縦型深紫外 LED の開発に成功した。本方法により作製されるデバイスはレジストフリープロセスとすることが可能で、従来、縦型 LED を実現するのに必要であった基板剥離過程も必要でなく、安価で高出力な深紫外縦型 LED を世の中に出せる可能性が生まれた。

さらに、この伝導性 AlN 層を使って、Si 基板上に深紫外光センサーを作製することにも成功した。このセンサーと Si デバイスを集積化しセンサーをアレー化し、さらに MIPE とも一体化させることにより従来不可能であった高効率の殺菌、光分解、硬化等を行うとともに分解物質の同定も視野に入れることができる。これらの技術を総合することにより今まで未踏波長領域であった深紫外波長領域に大きな応用の道を開いた。

## 2. 論文に関するリスト List on thesis

以下の項目に関して、リストを追記してください。(A4版2~3ページ以内)

Make additional lists regarding the following items. (less than 2 to 3 pages in A4)

### (1) 学位論文の基礎となった学術論文【査読あり】

The academic thesis that became a basis of your thesis 【With review】

- ① (記入例) 著者名、「論文タイトル」、掲載誌等名、出版社名、掲載ページ数、掲載年月
- (2) 1. **Noriko Kurose**, Naotaka Iwata, Itaru Kamiya, Yoshinobu Aoyagi, Formation of conductive spontaneous via holes in AlN buffer layer on n+Si substrate by filling the vias with n-AlGaIn by metal organic chemical vapor deposition and application to vertical deep ultraviolet photo-sensor, AIP ADVANCES **4** (2014)123007-1-123007-7.
- (3) 2. **N. Kurose**, K. Shibano, T. Araki, Y. Aoyagi, Development of substrate-removal-free vertical ultraviolet light-emitting diode (RefV-LED), AIP ADVANCES , **4**, (2014) 027122-1-027122-6.
- (4) 3. 黒瀬範子、青柳克信、ダイナミックマイクロプラズマ励起 AlGaIn 高出力大面積深紫外発光素子(MIPE)の開発、電気学会論文誌 A (基礎・材料・共通部門誌) .**134** (2014) 307-314.
- (5) 4. Y. Aoyagi, **N. Kurose**, A 2-inch, large-size deep ultraviolet light-emitting device using dynamically controlled micro-plasma-excited AlGaIn, Applied Physics Letters, **102**, (2013) 041114-1-041114-3.

### (6) 国際会議発表【査読あり】

Presentation in International Conference 【With review】

【口頭】 【Oral presentation】

1. **N. Kurose**, Y. Aoyagi, Development of new type vertical deep ultra-violet light emitting Device (RefV-LED) , The 21th International Display Workshops, Niigata, Japan, 2014, **[Invited]**
2. Kota Ozeki, **Noriko Kurose**, Naotaka Iwata\*, Kentaro Shibano, Tsutomu Araki, Itaru Kamiya\* and Yoshinobu Aoyagi, Novel Vertical AlGaIn Deep Ultra Violet Photo-detector on n+Si Substrate using Spontaneous Via Holes Growth Technique, Solid State Device and Materials 2014, Tsukuba, Japan, 2014.
3. **N. Kurose**, Y. Aoyagi, Formation of High Conductive n-AlN using Spontaneous Via Holes and Development of Substrate-removal-free Vertical DUV LED (RefV-LED), 5th International Symposium on Growth of III-Nitrides, Atlanta, U.S.A, 2014.
4. **Noriko Kurose**, Kentaro Shibano, Tsutomu Araki, Yoshinobu Aoyagi, Development of Removal Free Vertical Deep Ultraviolet Light Emitting Diode (Ref-V-DUVLED) Using AlGaIn Nitride Semiconductors on Si+(111) Substrate, the 2013 MRS Spring Meeting, Boston, USA, 2013.

5. **N.Kurose**, Microplasma excited deep UV light emitter(MIPE) using AlGa<sub>N</sub> quantum wells:Development and applications, Laserion 2013, Munich , Germany, 2013. **[Invited]**
6. **N.Kurose**, Y.Aoyagi, Large Area Micro-Plasma Excited (MIPE) AlGa<sub>N</sub> Deep Ultraviolet Light Emitter, The 19th International Display Workshops in conjunction with Asia Display 2012, Kyoto, Japan, 2012. **[Invited]**

#### 【ポスター】 【Poster presentation】

1. **N.Kurose**, Y.Aoyagi, Development of Large Area Micro Plasma Excited AlGa<sub>N</sub> Deep Ultraviolet Light Emitting Device (MIPE) for Disinfection of Water, Water Contamination Emergencies Conference, Mulheim-an-der-Ruhr, Germany, 2012.
2. **N.Kurose**, Y.Aoyagi, 2 Inches Large Area DUV AlGa<sub>N</sub> Light Emitter using Micro-plasma Excitation, International Workshop on Nitride Semiconductors 2012, Sapporo, Japan, 2012.
3. **N.Kurose**, Y.Aoyagi, Development of Micro-Plasma Excited Deep Ultraviolet Light Emitting Device (MIPE) using AlGa<sub>N</sub> grown by Metal Organic Chemical Vapor Phase Epitaxy, 4th International Symposium on Growth of III-Nitrides, St.Petersburg, Russia, 2012.

#### 学会誌に公開された総説・解説

General remarks and Commentary published on Official journal of a Scientific society

なし

#### (7) 国内学会発表 Presentation in Domestic Society

1. 柴野謙太郎、**黒瀬範子**、荒木努、青柳克信、Si 上縦型深紫外 LED(Ref-V DUV LED) の開発(2)、第 61 回応用物理学会春期学術講演会、青山学院大学、神奈川県、2014/3/17-20.
2. 柴野謙太郎、**黒瀬範子**、荒木努、青柳克信、Si 上縦型深紫外 LED の開発と応用、第 74 回応用物理学会秋季学術講演会、同志社大学、京都、2013/9/16-20.
3. **黒瀬範子**、青柳克信、マイクロプラズマ励起深紫外発光素子(MIPE)の開発と応用、第 74 回応用物理学会秋季学術講演会、同志社大学、京都、2013/9/16-20.
4. **黒瀬範子**、青柳克信、高出力・大面積マイクロプラズマ励起 AlGa<sub>N</sub> 深紫外発光素子の開発、第 73 回応用物理学会学術講演会、松山大学、愛媛県、2012/9/11-14.
5. **黒瀬範子**、黒内正仁、武内道一、青柳克信、マイクロプラズマを用いた深紫外発光素子の原理実証研究、第 59 回応用物理学関係連合講演会、早稲田キャンパス、東京、2012/3/15-18.

#### (8) 特許出願 Patent Application

1. 縦型発光ダイオードおよび結晶成長方法、青柳克信、**黒瀬範子**、柴野謙太郎、荒木努、特願 2013-128015.
2. 深紫外発光素子、青柳克信、**黒瀬範子**、特願 2013-241850.
3. 導電性を有する絶縁体層およびその製造方法ならびに窒化物半導体素子およびその製造方法、青柳克信、**黒瀬範子**、特願 2014-51186.